

УДК 658.26

В.М. Філоненко к.т.н., Д.Г. Бірюков

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ЦУКРОВИХ ЗАВОДІВ З НИЗЬКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПАРИ В ТЕЦ

В статті розглядаються проблеми на шляху підвищення ефективності теплоспоживання цукрових заводів з низькими параметрами пари в ТЕЦ, пропонуються напрямки комплексного підходу до оптимізації енерготехнологічного комплексу цукрового заводу з врахуванням балансового взаємозв'язку між виробленням і споживанням електричної та теплової енергії.

Показником ефективності використання палива в системі Цукроза-вод–ТЕЦ є комплексна його витрата $b_{\text{техн}}$ в % до маси буряка, що враховує ефективність споживання заводом теплової і електричної енергії та показники роботи ТЕЦ:

$$b_{\text{техн}} = (b_{\text{т}} \cdot q_{\text{техн}} + b_{\text{е}} \cdot e_{\text{техн}}) \cdot 10^{-4}, \quad (1)$$

де $b_{\text{т}}$, $b_{\text{е}}$ – питомі витрати палива на відпущену від ТЕЦ теплову та електричну енергію, відповідно, $\text{кг}_{\text{уп}}/\text{Гкал}$ та $\text{г}_{\text{уп}}/\text{кВт}\cdot\text{год}$; $q_{\text{техн}}$, $e_{\text{техн}}$ – питомі витрати теплової та електричної енергії в цукровому заводі, відповідно, $\text{Мкал}/\text{т}$ буряка та $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{т}$ буряка.

Як показано в [1–2], 60% всіх цукрозаводів не є енергоощадними, маючи витрату палива 5.6–6.6 % м. бур., на 30–50% перевищуючи європейські показники.

Серед них майже всі цукрозаводи з низькими параметрами гострої пари в ТЕЦ – $p_0 = 17\text{–}24$ ата та $t_0 = 330\text{–}350^\circ\text{C}$.

Заводи з низькими параметрами гострої пари, знаходяться в ситуації, за якою подальші кроки в зменшенні витрати пари на завод не призведуть до зменшення витрати палива. Зекономлена на заводі пара буде

повністю втрачена в ТЕЦ у вигляді вихлопу частини відпрацьованої пари від турбіни в атмосферу.

Регулятор потужності турбогенератора, пропустить через проточну частину турбіни саме ту кількість пари, що потрібна для вироблення електричної потужності, а запобіжний клапан на вихлопному колекторі випустить зайву для заводу пару в атмосферу.

Крім безпосередньої втрати палива це унеможлиблює подальше зменшення витрати пари на завод, в тому числі утилізацію ВЕР, оскільки вся зекономлена в заводі пара буде втрачена в ТЕЦ.

Розв'язання задач енергозбереження в цих цукрозаводах стримується незадовільною енергозбалансованістю між споживанням заводом теплової та електричної енергії.

Проблема полягає у балансовому взаємозв'язку між електроспоживання $e_{\text{техн}}$ і теплоспоживанням заводу $q_{\text{техн}}$, що визначається рівнянням:

$$\frac{q_{\text{техн}} \cdot A \cdot 1000}{5.73 \cdot 2230 \cdot (1 + \Gamma_{\text{ОУ}}) \cdot d_0} - \frac{e_{\text{техн}} \cdot 1.18 \cdot A}{24} \geq 0, \quad (2)$$

де d_0 – питома витрата пари на вироблення електричної енергії у турбоагрегаті, кг_{пари} / кВт·год; A – продуктивність цукрового заводу, т буряка / добу; $\Gamma_{\text{ОУ}}$ – коефіцієнт охолоджувальної установки парової турбіни, од; 5.73 – коефіцієнт розмірностей; 2230 – різниця ентальпій пари та зворотного конденсату; 1.18 – коефіцієнт, що враховує споживання електроенергії на власні потреби ТЕЦ.

Згідно цього рівняння, електрична потужність вироблена в турбогенераторі всім потоком пари, що споживається заводом, повинна перевищувати електричну потужність, що споживається заводом і ТЕЦ, тобто баланс має бути більше 0 або дорівнювати 0.

Визначальну роль в енергозбереженні має d_0 , що залежить від пара-

метрів гострої пари у відповідності до рівняння:

$$d_0 = \frac{3600}{(i_0 - i_{\text{Па}}) \cdot z_{\text{oi}} \cdot z_{\text{ем}} \cdot z_{\text{др}}}, \quad (3)$$

де i_0 – ентальпія гострої пари, кДж/кг; $i_{\text{Па}}$ – адіабатна ентальпія пари протитиску, кДж/кг; z_{oi} – ККД проточної частини турбіни, од.; $z_{\text{ем}}$ – ККД електромеханічний, од.; $z_{\text{др}}$ – коефіцієнт дроселювання, од.

Зменшення d_0 , враховуючи роботу турбогенераторів за електричним графіком, тобто без зв'язку з енергосистемою, гарантує досягнення економічних значень $q_{\text{техн}}$.

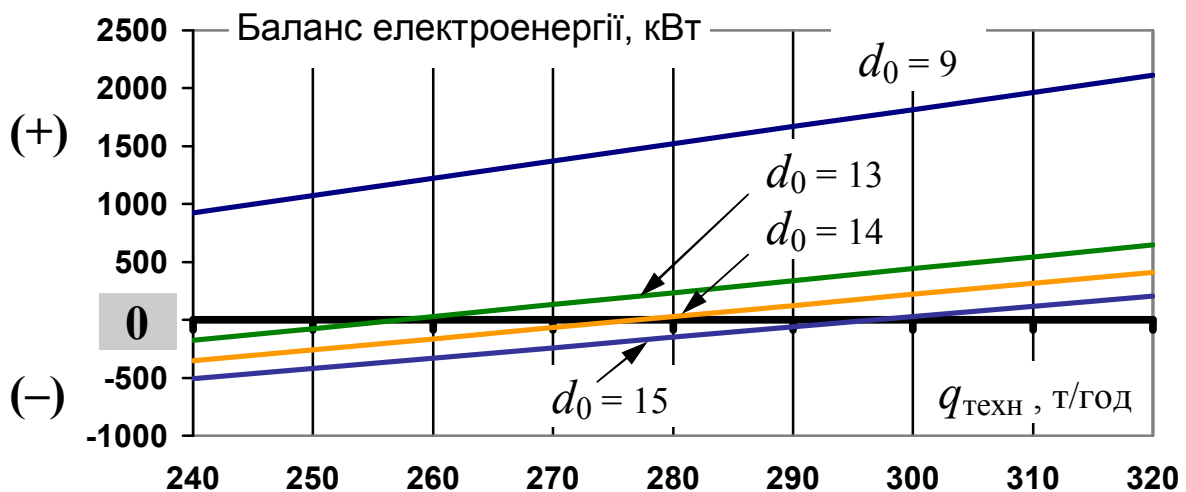


Рис.1 Лінії енергобалансу для системи Цукрозавод–ТЕЦ

Як видно з рис. 1 зменшення $q_{\text{техн}}$ призводить до переходу ліній енергобалансу в зону від'ємних значень, що означає появу вихлопу в кількості:

$$D_{\text{вихл}} = (q_{\text{техн}} - q_{\text{гран}}) \cdot A / (5.73 \cdot 2230), \quad (4)$$

Нами встановлена залежність для визначення граничних значень питомого теплоспоживання заводу $q_{\text{техн}}$, після якого впровадження технічних рішень по зменшенню пароспоживання потрібно здійснювати в комплексі з заходами, що поліпшують енергобаланс підприємства:

$$q_{\text{гран}} = 0.521 \cdot \frac{e_{\text{техн}} \cdot d_0 \cdot (1 + \Gamma_{\text{ОУ}})}{1 - K_{\text{вл.п}} - K_{\text{решт}}}, \quad (5)$$

де $K_{\text{вл.п}}$, $K_{\text{решт}}$ – коефіцієнти, що враховують витрату електроенергії на власні потреби ТЕЦ та стороннє споживання; 0.521 – коефіцієнт розмірностей.

Числові значення $q_{\text{гран}}$ представлені в таблиці:

Таблиця

Граничні значення теплового споживання цукрового заводу

d_0 , кг/кВт·год	$q_{\text{гран}}$, Мкал/т						
10	170	177	184	190	204	218	231
13	221	230	239	248	265	283	301
14	238	248	248	267	286	305	324
15	255	265	275	286	306	326	347
16	272	283	294	305	326	348	370
$e_{\text{техн}}$, кВт·год/т	25	26	27	28	30	32	34

Зменшення $q_{\text{техн}}$ нижче $q_{\text{гран}}$ в напрямку європейського рівня повинно супроводжуватись одним або кількома технічними рішеннями, що поліпшують енергобалансованість підприємства.

Визначаємо 5 напрямків розв'язання проблеми енергозбереження:

1. Підвищення температури перегріву пари з котлів до рівня 395–400°C – гранично допустимої температури пари на турбіну, згідно рис. 2.

Це технічне рішення дозволяє зменшити d_0 до рівня 12,6 кг/кВт·год і ліквідувати або зменшити вихлоп пари з турбіни на величину $\Delta D_{\text{вихл}}$:

$$\Delta D_{\text{вихл}} = \frac{W_{\text{ген}} \cdot \Delta t_0^{\text{ПП}}}{1000} \Delta d_0^{\text{ПП}}, \quad (6)$$

де $W_{\text{ген}}$ – електричне навантаження генератора, кВт; Δt_0^{III} – підвищення температури пари, °С; Δd_0^{III} – відносне зменшення d_0 з врахуванням роботи ОУ, приймається $0.0163 \text{ (кг/кВт}\cdot\text{год)}/^\circ\text{С}$.

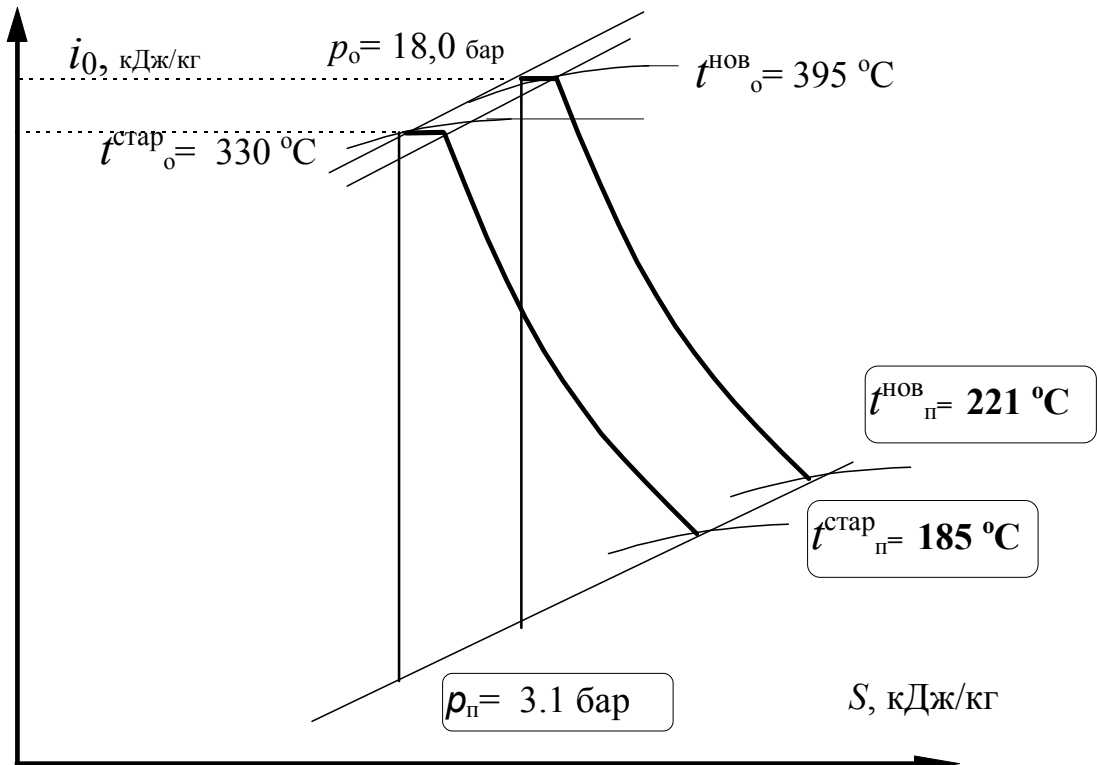


Рис.2 Проект підвищення температури перегріву гострої пари перед турбіною Р-2,5-15/3

Максимальне зменшення вихлопу для турбіни 2500 кВт при збільшенні перегріву на 65°С становить 2.7 т/год.

2. Встановлення калориферів повітря для парових котлів на відпрацьованій парі з турбіни для нагрівання до 115°С . Це дозволяє зменшити вихлоп на величину $\Delta D_{\text{вихл}}$, т/год:

$$\Delta D_{\text{вихл}} = D_{\text{ПГ}} \cdot \frac{\bar{b}_T \cdot V_0^{\text{ПОВ}} \cdot c_0 \cdot c_{\text{ПОВ}} \cdot \Delta t_{\text{кф}} \cdot 1.6}{d_{\text{палива}} \cdot 3.6 \cdot 1000}, \quad (7)$$

де $D_{\text{ПГ}}$ – продуктивність парогенераторів, т/год; \bar{b}_T – коефіцієнт надлишку повітря, од.; $V_0^{\text{ПОВ}}$ – питома витрата повітря, $\text{м}^3/\text{м}^3$ природного газу; c_0 – густина повітря за нормальних умов, $\text{кг}/\text{м}^3$; $c_{\text{ПОВ}}$ – теплоємність повітря,

кДж/(кг·К); $\Delta t_{\text{кф}}$ – збільшення температури повітря у калорифері, °С; 1.6 – коефіцієнт розмірностей; $d_{\text{палива}}$ – випарювальна здатність палива, для природного газу 11,2, для мазута 12,7, т пари/т палива.

Встановлення калорифера на паровий котел продуктивність 20 т пари/год гарантує зменшення вихлопу на 1 т/год.

3. Зменшення електроспоживання цукрового заводу і одержання $e_{\text{техн}}$ на рівні 24–26 кВт·год/т буряка. Зменшення електричного навантаження генератора $\Delta W_{\text{зменш}}$, кВт відкриває шлях до економії пари в заводі у кількості $D_{\text{екон}}$, т/год, що визначається формулою:

$$D_{\text{екон}} = \Delta W_{\text{зменш}} \cdot d_0 / 1000, \quad (8)$$

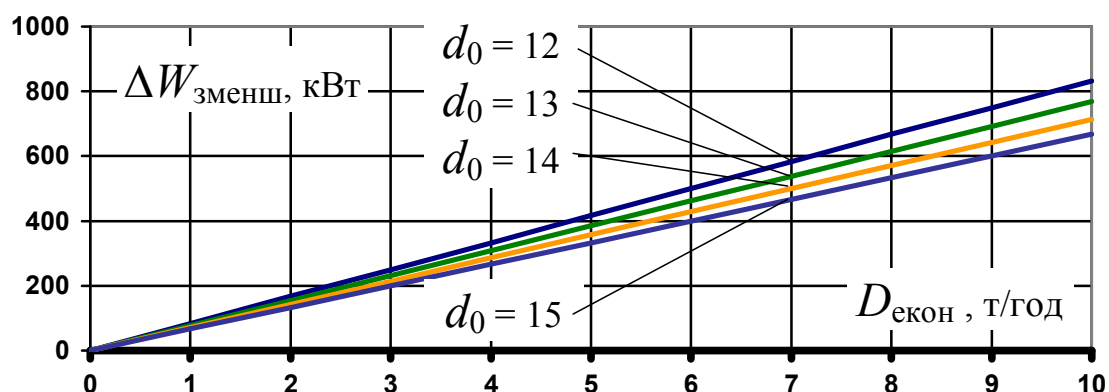


Рис.3 Вплив економії пари на завод на зменшення електричного навантаження турбогенератора.

Як видно з рис. 3 кожна тонна зекономленої пари вимагає зняття 63–83 кВт потужності з турбогенератора (ТГ) в залежності від d_0 .

Максимальну електричну потужність, яку потрібно зняти з ТГ в заводі потужністю 1800 тонн буряка на добу, щоб досягти європейського рівня теплоспоживання 220 Мкал/т, становить 800 кВт.

4. Перенесення частини електричного навантаження турбогенератора на енергосистему. Це економічно виправдано, оскільки собівартість вихлопної електроенергії відповідає 1300–1400 $\text{г}_{\text{уп}}/\text{кВт}\cdot\text{год}$ питомій витраті

палива на її одержання, що за умови вартості газу 260 грн / тис. м³, становить 43 коп / кВт·год, в той же час покупна енергія від енергосистеми на рівні 13-14 коп / кВт·год

5. Створення системи енергозабезпечення на базі газомоторного електрогенератора з утилізацією теплоти вихлопних газів та теплоти охолодження двигуна.

Як свідчать розрахунки, вказаний варіант в комплекті з пароструминним компресором на ВУ для компенсації недовипаровування за умови глибокої утилізації ВЕР цукрозаводу, має під собою економічне обґрунтування.

Таким чином, вищеназваний комплекс технічних рішень відкриває перспективу розв'язання проблеми енергозбереження для цукрозаводів з низькими параметрами пари в ТЕЦ.

Література

1. В.Філоненко та інш. Енергетичний аудит у цукровій галузі // Харчова і переробна промисловість, 1998, № 7, с. 32–33.
2. Князев А.О. Витрати тепла і палива на виробництво цукру: перспективні, проектні, реальні // Цукор України, 1994, № 1, с.8–13.